

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 06-310815

(43)Date of publication of application : 04.11.1994

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

H01L 33/00

(21)Application number : 05-117678

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 21.04.1993

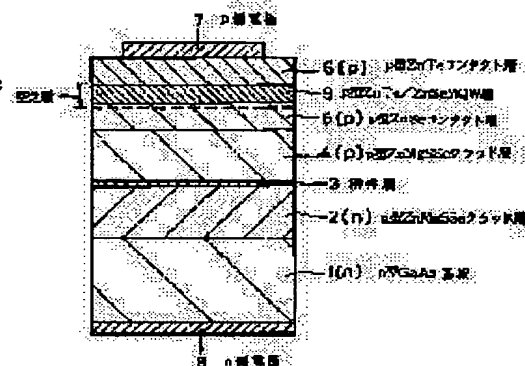
(72)Inventor : HIEI FUTOSHI  
ISHIBASHI AKIRA

## (54) SEMICONDUCTOR DEVICE

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To contrive the improvement of the voltage-current characteristics of a p-n junction, wherein discontinuities respectively exist in valence bands in the junction interface.

**CONSTITUTION:** A multiple quantum well layer 9 consisting of p-type ZnTe layers and p-type ZnSe layers, respectively used as quantum well layers and barrier layers is formed in a depletion layer on the side of a p-type ZnSe contact layer 5 in the junction part between the layer 5 and a p-type ZnTe contact layer 6. The thickness of each quantum well layer of the layer 9 is determined in such a way that the quantum level of each quantum well layer becomes roughly equal with an energy level on the top of the valence band of each p-type ZnSe layer and each p-type ZnTe layer.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

16.12.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

3196418

[Date of registration]

08.06.2001

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection][Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-310815

(43)公開日 平成6年(1994)11月4日

(51)Int.Cl.<sup>5</sup>

H 0 1 S 3/18

H 0 1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

D 7376-4M

審査請求 未請求 請求項の数 5 F D (全 7 頁)

(21)出願番号 特願平5-117678

(22)出願日 平成5年(1993)4月21日

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 樋江井 太

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

(72)発明者 石橋 晃

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ

ー株式会社内

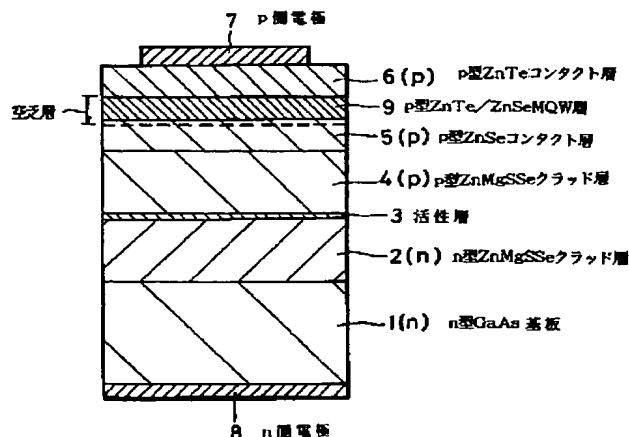
(74)代理人 弁理士 杉浦 正知

(54)【発明の名称】 半導体装置

(57)【要約】

【目的】 接合界面において価電子帯に不連続が存在する p-p 接合の電圧-電流特性の向上を図る。

【構成】 p型 ZnSe コンタクト層5と p型 ZnTe コンタクト層6との接合部において p型 ZnSe コンタクト層5側に形成される空乏層内に、p型 ZnTe 層および p型 ZnSe 層をそれぞれ量子井戸層および障壁層とする多重量子井戸層9を形成する。多重量子井戸層9の各量子井戸層の厚さは各量子井戸層の量子準位が p型 ZnSe および p型 ZnTe の価電子帯の頂上のエネルギーとほぼ等しくなるように設定する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1のp型のⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体と第2のp型のⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体との接合を有し、上記接合の界面において上記第1のp型のⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体の価電子帯の頂上のエネルギーは上記第2のp型のⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体の価電子帯の頂上のエネルギーよりも低い半導体装置において、上記第1のp型のⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体のうちの上記界面の近傍の部分の不純物濃度は他の部分の不純物濃度よりも高くなっているとともに、上記第1のp型のⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体側に形成される上記接合の空乏層内に上記第2のp型のⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体から成る量子井戸層および上記第1のp型のⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体から成る障壁層を有する多重量子井戸層が設けられ、それぞれの上記量子井戸層の厚さはそれぞれの上記量子井戸層の量子準位が上記第1のp型のⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体および上記第2のp型のⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体の価電子帯の頂上のエネルギーとほぼ等しくなるように設定されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項2】 上記不純物濃度は上記界面に向かって連続的に増大することを特徴とする請求項1記載の半導体装置。

【請求項3】 上記第1のp型のⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体はp型ZnSeであり、上記第2のp型のⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体はp型ZnTeであり、上記p型ZnSeのうちの上記p型ZnSeと上記p型ZnTeとの接合の界面の近傍の部分の不純物濃度は他の部分の不純物濃度よりも高くなっているとともに、上記p型ZnSe側に形成される上記接合の空乏層内に上記p型ZnTeから成る量子井戸層および上記p型ZnSeから成る障壁層を有する多重量子井戸層が設けられ、それぞれの上記量子井戸層の厚さはそれぞれの上記量子井戸層の量子準位が上記p型ZnSeおよび上記p型ZnTeの価電子帯の頂上のエネルギーとほぼ等しくなるように設定されていることを特徴とする請求項1または2記載の半導体装置。

【請求項4】 上記不純物はNであることを特徴とする請求項1、2または3記載の半導体装置。

【請求項5】 上記半導体装置は発光素子であることを特徴とする請求項1～4のいずれか一項記載の半導体装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 この発明は、半導体装置に関し、特に、ⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体を用いた発光素子その他の半導体装置に適用して好適なものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、光ディスクの記録密度の向上やレーザープリンタの解像度の向上を図るために、短波長で

の発光が可能な半導体レーザーに対する要求が高まってきており、その実現を目指して研究が活発に行われている。

【0003】 本出願人は、このような要求を満たすべく鋭意研究を行った結果、ⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体の一種であるZnMgSSe系化合物半導体をクラッド層の材料として用いた、青色ないし緑色で発光が可能な半導体レーザーを提案した（例えば、特願平4-229356号）。この半導体レーザーにおいては、n型GaAs基板上にn型ZnMgSSeクラッド層、活性層およびp型ZnMgSSeクラッド層から成るレーザー構造が形成され、さらにp型ZnMgSSeクラッド層上にp型ZnSeコンタクト層が形成されている。そして、このp型ZnSeコンタクト層上にp側電極が形成されているとともに、n型GaAs基板の裏面にn側電極が形成されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述のⅠⅠ-ⅤⅠ族化合物半導体を用いた半導体レーザーにおいては、p型ZnSeコンタクト層に対するp側電極の接触抵抗が高く、良好なオーム性接触が得られないという問題がある。これは、ZnSe中にp型不純物をドーピングすることにより得られるキャリア濃度は最大でも $\sim 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 程度と低いことや、p型ZnSeに対して良好なオーム性接触を得ることができる電極材料が現状では見つかっていないことなどの理由による。

【0005】 上述のZnSe中へのp型不純物のドーピングに関しては、二次イオン質量分析（SIMS）法による測定結果から、p型不純物自体としては $10^{18} \sim 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度までドーピング可能であるが、このp型不純物のドーピング濃度により決まる不純物レベルのディープ化により、ドーピングされたp型不純物のうちの一部のみが活性化されて有効キャリアを供給するアクセプタとして働くに過ぎないため、上述のように低いキャリア濃度しか得られないのである。図4はその様子を示すものであり、p型不純物としてのNのドーピング濃度[N]を増大させていっても、有効キャリア濃度、すなわち $N_A - N_D$ （ただし、 $N_A$ はアクセプタ濃度、 $N_D$ はドナー濃度）は約 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ で飽和してしまうことがわかる。

【0006】 そこで、上述の問題を解決するために、上記特願平4-229356号においては、ZnTe中には $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度の濃度までアクセプタをドーピングすることが可能であり、Auなどの金属を用いて良好なオーム性接触を得ることができることなどに着目して、p型ZnSeコンタクト層上にp型ZnTeコンタクト層を形成し、このp型ZnTeコンタクト層上にp側電極を形成することにより、p側電極の接触抵抗の低減を図る技術についても開示されている。

【0007】 しかしながら、図5に示すように、p型Z

n Seとp型ZnTeとの接合の界面においては、価電子帯に約0.5 eVの大きさのバンド不連続が存在する。そして、p型ZnSeの価電子帯はp型ZnTeに向かって下に曲がっており、この下に凸の価電子帯の変化は、p側電極からこのp型ZnSe/p型ZnTe接合に注入される正孔に対してポテンシャル障壁として働く。このため、上述のようにp型ZnTeコンタクト層上にp側電極を形成しても良好なオーム性接触は得られず、従って良好な電圧-電流特性は得られていない。なお、図5においては、p型ZnSeおよびp型ZnTeのフェルミ準位は価電子帯の頂上に一致すると近似している。

【0008】従って、この発明の目的は、接合界面において価電子帯にバンド不連続が存在する第1のp型のII-V族化合物半導体と第2のp型のII-V族化合物半導体との接合の電圧-電流特性を良好にすることができる半導体装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、この発明は、第1のp型のII-V族化合物半導体(5)と第2のp型のII-V族化合物半導体

(6)との接合を有し、接合の界面において第1のp型のII-V族化合物半導体(5)の価電子帯の頂上のエネルギーは第2のp型のII-V族化合物半導体

(6)の価電子帯の頂上のエネルギーよりも低い半導体装置において、第1のp型のII-V族化合物半導体

(5)のうちの界面の近傍の部分の不純物濃度は他の部分の不純物濃度よりも高くなっているとともに、第1のp型のII-V族化合物半導体(5)側に形成される接合の空乏層内に第2のp型のII-V族化合物半導体から成る量子井戸層および第1のp型のII-V族化合物半導体から成る障壁層を有する多重量子井戸層

(9)が設けられ、それぞれの量子井戸層の厚さはそれぞれの量子井戸層の量子準位が第1のp型のII-V族化合物半導体(5)および第2のp型のII-V族化合物半導体(6)の価電子帯の頂上のエネルギーとほぼ等しくなるように設定されていることを特徴とするものである。

【0010】この発明による半導体装置の好適な一実施形態においては、第1のp型のII-V族化合物半導体のうちの接合の界面の近傍の部分の不純物濃度は、界面に向かって連続的に増大するように設定される。

【0011】この発明による半導体装置の好適な一実施形態においては、第1のp型のII-V族化合物半導体はp型ZnSeであり、第2のp型のII-V族化合物半導体はp型ZnTeであり、p型ZnSeのうちのp型ZnSeとp型ZnTeとの接合の界面の近傍の部分の不純物濃度は他の部分の不純物濃度よりも高くなっているとともに、p型ZnSe側に形成される接合の空乏層内にp型ZnTeから成る量子井戸層およびp型

ZnSeから成る障壁層を有する多重量子井戸層が設けられ、それぞれの量子井戸層の厚さはそれぞれの量子井戸層の量子準位がp型ZnSeおよびp型ZnTeの価電子帯の頂上のエネルギーとほぼ等しくなるように設定されている。

【0012】この発明による半導体装置の好適な一実施形態においては、第1のp型のII-V族化合物半導体および第2のp型のII-V族化合物半導体中のp型不純物として、高濃度ドーピングによりディープレベルを形成する不純物であるNが用いられる。

【0013】この発明による半導体装置の典型的な実施形態においては、半導体装置は半導体レーザーや発光ダイオードのような発光素子である。

【0014】

【作用】上述のように構成されたこの発明による半導体装置によれば、第1のp型のII-V族化合物半導体のうちの接合の界面の近傍の部分の不純物濃度が他の部分の不純物濃度よりも高くなっていることにより、第1のp型のII-V族化合物半導体側に形成される接合の空乏層の幅を小さくすることができる。このため、正孔が接合をトンネル効果などにより容易に通ることができることから、接合を流れる電流量を増大させることができる。

【0015】さらに、第1のp型のII-V族化合物半導体側に形成される接合の空乏層内に第2のp型のII-V族化合物半導体から成る量子井戸層および第1のp型のII-V族化合物半導体から成る障壁層を有する多重量子井戸層が設けられ、それぞれの量子井戸層の厚さはそれぞれの量子井戸層の量子準位が第1のp型のII-V族化合物半導体および第2のp型のII-V族化合物半導体の価電子帯の頂上のエネルギーとほぼ等しくなるように設定されていることから、これらの量子準位を介した共鳴トンネル効果により、接合を正孔が容易に通ることができる。

【0016】以上により、第1のp型のII-V族化合物半導体と第2のp型のII-V族化合物半導体との接合の界面における価電子帯のバンド不連続によるポテンシャル障壁を実効的になくすことができ、これによって良好な電圧-電流特性を得ることができる。そして、この半導体装置が半導体レーザーや発光ダイオードのようなpn接合を用いた発光素子である場合には、このpn接合の立ち上がり電圧の低減を図ることができる。

【0017】特に、第1のp型のII-V族化合物半導体がp型ZnSeであり、第2のp型のII-V族化合物半導体がp型ZnTeである場合、すなわちp型ZnSeとp型ZnTeとの接合を有する半導体装置においては、p型ZnTe上にp側電極を形成することにより、良好なオーム性接触を得ることができ、これによって良好な電圧-電流特性を得ることができる。

## 【0018】

【実施例】以下、この発明の一実施例について図面を参照しながら説明する。図1はこの発明の一実施例による半導体レーザーを示す。

【0019】図1に示すように、この一実施例による半導体レーザーにおいては、例えばn型不純物としてSiがドーピングされた例えば(100)面方位のn型GaAs基板1上に、例えばn型不純物としてClがドーピングされたn型ZnMgSSeクラッド層2、活性層3、例えばp型不純物としてNがドーピングされたp型ZnMgSSeクラッド層4、例えばp型不純物としてNがドーピングされたp型ZnSeコンタクト層5および例えばp型不純物としてNがドーピングされたp型ZnTeコンタクト層6が順次積層されている。そして、p型ZnTeコンタクト層7上に例えばAuやAu/Pdから成るp側電極7が形成されているとともに、n型GaAs基板1の裏面に例えばInから成るn側電極8が形成されている。符号9はp型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合部においてp型ZnSeコンタクト層5側に形成される空乏層内に形成されたp型ZnTe/ZnSe多重量子井戸(MQW)層を示すが、これについては後に詳細に説明する。

【0020】この一実施例において、p型ZnSeコンタクト層5からp型ZnTeコンタクト層6にわたる部分のNのドーピング濃度[N]のプロファイルは、図2に示すようになっていて、すなわち、図2に示すように、p型ZnSeコンタクト層5中のNのドーピング濃度[N]は、p型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合の界面から所定距離(p型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合部においてp型ZnSeコンタクト層5側に形成される空乏層の幅とほぼ等しい)離れた部分までは一定となっている。この部分の[N]は、例えば、有効キャリア濃度が飽和する値、すなわち約 $4 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ に選ばれる(図4参照)。一方、p型ZnSeコンタクト層5のうちのこのp型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合の界面から上記所定距離内の部分の[N]は接合の界面に向かって連続的に増大している。そして、接合の界面において[N]は段階的に増大し、p型ZnTeコンタクト層6中の[N]はこの値を有する。このp型ZnTeコンタクト層6中の[N]は、p型ZnSeコンタクト層5中の[N]に比べて十分に高い値、例えば約 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ に選ばれる(図4参照)。この程度の[N]の値に対しては、p型ZnTeコンタクト層6中のキャリア濃度は未飽和である。

【0021】この場合、p型ZnSeコンタクト層5のうちのこのp型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合の界面から上記所定距離内の部分の[N]の値はキャリア濃度が飽和する値を超えてお

り、Nの不純物レベルはディープ化しているが、このディープレベルにトラップされた正孔はp型ZnTeコンタクト層6側に落ち込ませることが可能である。従って、図2に示すようなNの変調ドーピングにより、p型ZnSeコンタクト層5側の空乏層の幅を小さくすることができると同時に、p型ZnTeコンタクト層6中の[N]を高くすることができることにより、半導体レーザーに流すことができる電流量を増大させることが可能である。

【0022】ここで、p型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合部においてp型ZnSeコンタクト層5側に形成される空乏層の幅の計算例を示すと、次の通りである。

【0023】すでに述べたように、p型ZnSeコンタクト層5中のキャリア濃度は $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 程度、p型ZnTeコンタクト層6中のキャリア濃度は $10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 程度とすることができ。一方、p型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合の界面における価電子帯には、約0.5 eVの大きさのバンド不連続が存在する(図5参照)。このようなp型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合の価電子帯には、接合がステップ接合であるとする、p型ZnSeコンタクト層5側に

$$W = (2 \epsilon \phi_T / q N_A)^{1/2} \quad (1)$$

の幅にわたってバンドの曲がりが生じる。ここで、qは電子の電荷の絶対値、 $\epsilon$ はZnSeの誘電率、 $\phi_T$ はp型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合の界面における価電子帯の不連続の大きさ(約0.5 eV)を表す。

【0024】いま、p型ZnSeコンタクト層5のうちの接合の界面の近傍の高濃度ドーピング部を除いた部分のアクセプタ濃度 $N_A$ が $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 、高濃度ドーピング部のアクセプタ濃度 $N_A$ が平均的に見てその2倍の $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ であるとし、(1)式を用いてこの場合のWを計算すると、 $W = 23 \text{ nm}$ となる。これに対して、p型ZnSeコンタクト層5のうちの接合の界面の近傍の部分に高濃度ドーピング部が設けられていない場合のWは約32 nmである。すなわち、p型ZnSeコンタクト層5のうちの接合の界面の近傍の部分に高濃度ドーピング部が設けられていることによって、この高濃度ドーピング部が設けられていない場合に比べて空乏層の幅Wは約9 nm小さくなっている。このように空乏層の幅Wが小さくなっていることにより、p型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合を正孔がトンネル効果により通りやすくなる。

【0025】一方、すでに述べたように、この一実施例においては、p型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合部においてp型ZnSeコンタクト層5側に形成される空乏層内に、p型ZnTeから成る量子井戸層とp型ZnSeから成る障壁層とを交

互に積層した構造のp型ZnTe/ZnSeMQW層9が設けられている。このp型ZnTe/ZnSeMQW層9は、p型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合部においてp型ZnSeコンタクト層5側に形成される空乏層内に、p型ZnTeから成る量子井戸層を介在させることによって形成されたものと言うこともできる。この場合、p型ZnSeから成る障壁層の厚さ $L_B$ は一定であるが、p型ZnTeから成る量子井戸層の厚さ $L_W$ はp型ZnSeコンタクト層5からp型ZnTeコンタクト層6に向かって段階的に厚くなっている。具体的には、このp型ZnTeから成る量子井戸層の厚さ $L_W$ は次のように設定される。

【0026】まず、p型ZnTeから成る量子井戸層の両側をp型ZnSeから成る障壁層によりはさんだ構造の単一量子井戸におけるp型ZnTeから成る量子井戸の幅 $L_W$ に対して第1量子準位 $E_1$ がどのように変化す

$$\phi(x) = \phi_T$$

で与えられる。従って、p型ZnTe/ZnSeMQW層9の設計は、(2)式に基づいて、p型ZnTeから成る量子井戸層のそれぞれに形成される第1量子準位 $E_1$ がp型ZnSeおよびp型ZnTeの価電子帯の頂上のエネルギーとほぼ一致し、しかも互いにほぼ等しくなるように $L_W$ を変化させることにより行うことができる。実用的には、この一致は、熱エネルギー $\sim kT$  ( $k$ :ボルツマン定数、 $T$ :絶対温度)程度の範囲内での一致であれば問題ない。

【0028】図3は、p型ZnTe/ZnSeMQW層9におけるp型ZnSeから成る障壁層の幅 $L_B$ を2nmとした場合の量子井戸幅 $L_W$ の設計例を示す。ただし、p型ZnSeコンタクト層5中のアクセプタ濃度 $N_A$ は $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ としている。また、p型ZnTeコンタクト層6に向かって徐々にドーピング濃度 $[N]$ を増大させ、p型ZnTe/ZnSeMQW層9中の平均ドーピング濃度 $[N]$ を $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ としている。さらに、p型ZnTeコンタクト層6中のアクセプタ濃度 $N_A$ は $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ としている。図3に示すように、この場合には、合計で5個ある量子井戸の幅 $L_W$ を、その第1量子準位 $E_1$ がp型ZnSeおよびp型ZnTeのフェルミ準位と一致するように、p型ZnSeコンタクト層5からp型ZnTeコンタクト層6に向かって、 $L_W = 0.3 \text{ nm}, 0.4 \text{ nm}, 0.6 \text{ nm}, 0.9 \text{ nm}, 1.6 \text{ nm}$ と変化させている。

【0029】上述のようにp型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合部においてp型ZnSeコンタクト層5側に形成される空乏層内にp型ZnTe/ZnSeMQW層9が設けられていることにより、このp型ZnTe/ZnSeMQW層9のそれぞれの量子井戸の第1量子準位 $E_1$ を介した共鳴トンネル効果により、p型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との間のポテンシャル障壁が実効的に

るかを有限障壁の井戸型ポテンシャルに対する量子力学的計算により求めた。ただし、この計算では、量子井戸層および障壁層における電子の質量としてp型ZnSeおよびp型ZnTe中の正孔の有効質量 $m_h$ を想定して $0.6m_0$  ( $m_0$ :電子の静止質量)を用い、また井戸の深さは $0.5 \text{ eV}$ とした。この計算結果から、p型ZnTeから成る量子井戸の幅 $L_W$ を小さくすることによって、量子井戸内に形成される第1量子準位 $E_1$ を低くすることができることがわかる。そこで、この一実施例においては、このことを利用してp型ZnTeから成る量子井戸層の厚さ $L_W$ を変化させる。

【0027】すなわち、p型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合の界面からp型ZnSeコンタクト層5側に幅 $W$ にわたって生じるバンドの曲がり、この接合の界面からの距離 $x$ の二次関数

$$\{1 - (x/W)\}^2 \quad (2)$$

なくなり、従ってp型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合を正孔が容易に流れることができる。

【0030】次に、上述のように構成されたこの一実施例による半導体レーザーの製造方法について説明する。

【0031】図1に示すように、まず、n型GaAs基板1上に、例えば分子線エピタキシー(MBE)法により、n型ZnMgSSeクラッド層2、活性層3、p型ZnMgSSeクラッド層4、p型ZnSeコンタクト層5、p型ZnTe/ZnSeMQW層9およびp型ZnTeコンタクト層6を順次エピタキシャル成長させる。ここで、p型ZnTe/ZnSeMQW層9の形成は、MBE装置における分子線のシャッターの開閉だけで容易に行うことが可能である。

【0032】このMBE法によるエピタキシャル成長においては、例えば、Zn原料としては純度99.999%のZnを用い、Mg原料としては純度99.9%のMgを用い、S原料としては99.9999%のZnSを用い、Se原料としては純度99.9999%のSeを用いる。また、n型ZnMgSSeクラッド層2のn型不純物としてのClのドーピングは例えば純度99.9999%のZnCl<sub>2</sub>をドーパントとして用いて行い、p型ZnMgSSeクラッド層4、p型ZnSeコンタクト層5、p型ZnTe/ZnSeMQW層9およびp型ZnTeコンタクト層6のp型不純物としてのNのドーピングは例えば電子サイクロトロン共鳴(ECR)を用いたプラズマガンにより発生されたN<sub>2</sub>プラズマを照射することにより行う。

【0033】この場合、p型ZnSeコンタクト層5、p型ZnTe/ZnSeMQW層9およびp型ZnTeコンタクト層6へのNのドーピング時には、図2に示すようなドーピング濃度 $[N]$ のプロファイルを得るために、図2中の破線で示すように、 $[N]$ のプロファイル

に沿った形でプラズマガンの投入電力を変化させる。このプラズマガンを用いたp型不純物のドーピングにおいては、p型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合の界面の近傍におけるドーピング量およびディープレベルを比較的容易に制御することが可能である。

【0034】この後、p型ZnTeコンタクト層6上にp側電極7を形成するとともに、n型GaAs基板1の裏面にn側電極8を形成して、目的とする半導体レーザーを完成させる。

【0035】以上のように、この一実施例による半導体レーザーによれば、p型ZnSeコンタクト層5のうちのこのp型ZnSeコンタクト層5とp型ZnTeコンタクト層6との接合の界面の近傍の部分のNのドーピング濃度[N]が他の部分に比べて高くなっていることによりこの接合部においてp型ZnSeコンタクト層5側に形成される空乏層の幅を小さくすることができ、このためこの接合を正孔がトンネル効果により通りやすくなる。さらに、この接合部においてp型ZnSeコンタクト層5側に形成される空乏層内にp型ZnTe/ZnSe MQW層9が設けられていることにより、この接合におけるポテンシャル障壁を実効的になくすることができる。

【0036】以上により、電圧-電流特性が良好な青色ないし緑色で発光が可能な半導体レーザーを実現することができる。

【0037】以上、この発明の一実施例につき具体的に説明したが、この発明は、上述の実施例に限定されるものではなく、この発明の技術的思想に基づく各種の変形が可能である。

【0038】例えば、上述の一実施例においては、この発明を半導体レーザーに適用した場合について説明したが、この発明は、発光ダイオードに適用することも可能

であり、より一般的には、接合界面において価電子帯にバンド不連続が存在するp-p接合を有する各種の半導体装置に適用することが可能である。

#### 【0039】

【発明の効果】以上説明したように、この発明による半導体装置によれば、接合界面において価電子帯にバンド不連続が存在する第1のp型のII-VI族化合物半導体と第2のp型のII-VI族化合物半導体との接合の電圧-電流特性を良好にすることができる。

#### 10 【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例による半導体レーザーを示す断面図である。

【図2】この発明の一実施例による半導体レーザーにおけるp型ZnSeコンタクト層からp型ZnTeコンタクト層にわたる部分のNのドーピング濃度[N]のプロファイルの一例を示すグラフである。

【図3】この発明の一実施例による半導体レーザーにおけるp型ZnSeコンタクト層からp型ZnTeコンタクト層にわたる部分のエネルギーバンド図である。

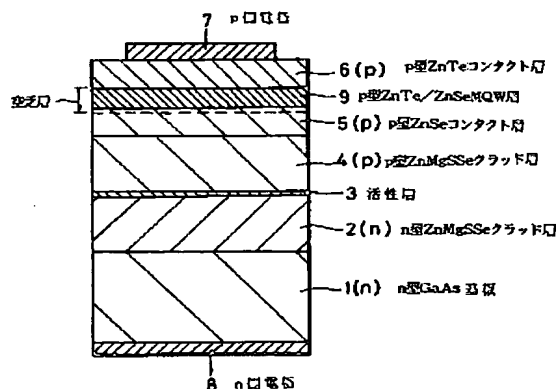
20 【図4】ZnSe中の有効キャリア濃度とZnSe中へのNのドーピング濃度との関係を示すグラフである。

【図5】p型ZnSe/p型ZnTe接合のエネルギーバンド図である。

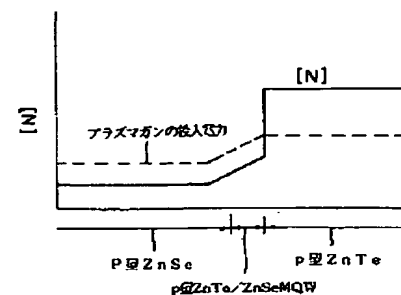
#### 【符号の説明】

- 1 n型GaAs基板
- 2 n型ZnMgSSeクラッド層
- 3 活性層
- 4 p型ZnMgSSeクラッド層
- 5 p型ZnSeコンタクト層
- 6 p型ZnTeコンタクト層
- 7 p側電極
- 8 n側電極
- 9 p型ZnTe/ZnSe MQW層

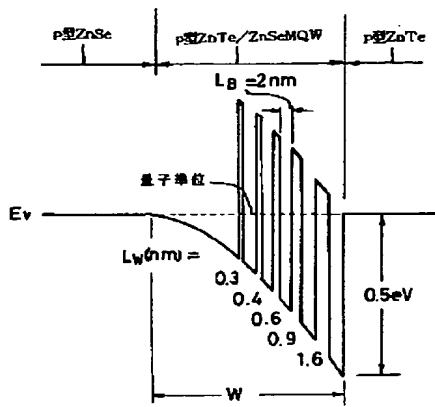
【図1】



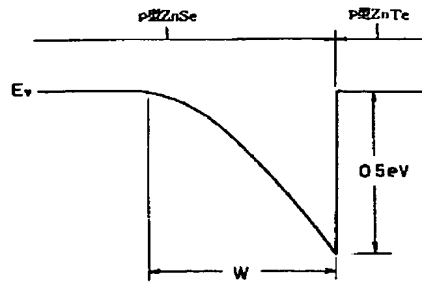
【図2】



【図3】



【図5】



【図4】

